

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-207737

(43)Date of publication of application : 25.07.2003

(51)Int.Cl.

G02B 26/10  
B81B 3/00

(21)Application number : 2002-005636

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD  
UNIV TOKYO

(22)Date of filing : 15.01.2002

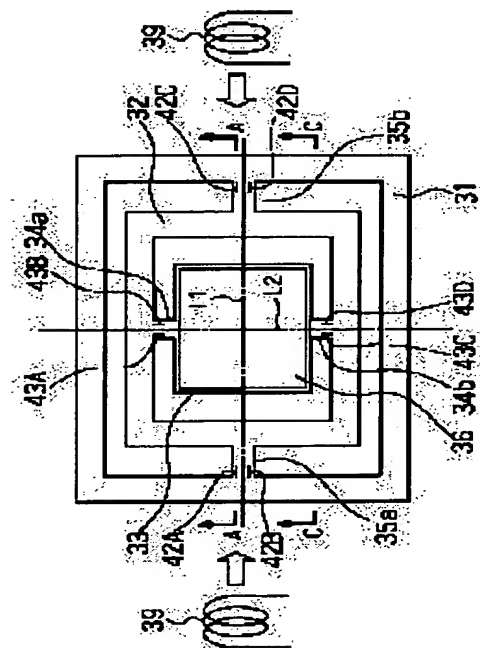
(72)Inventor : FUJITA HIROYUKI  
GILBERT RAYNE  
ALEXIS DEBRAY  
TARIKKU BURUINA  
MURO HIDEO  
ASAOKA AKIRA  
OKI TAKAHIKO

## (54) TWO-DIMENSIONAL OPTICAL SCANNER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a two-dimensional optical scanner which is compact and low-cost although the degree of freedom of a resonance frequency is made high and a large displacement angle can be obtained.

**SOLUTION:** A mirror part 33 having a reflecting surface is supported by an internal frame 32 through 1st both-ends-supported beams 34a and 34b and the internal frame is supported by an external frame 31 through 2nd both-ends-supported beams 35a and 35b. The 1st and 2nd beams cross each other at right angles and the resonance frequencies of bending of the 2nd beams and twisting of the 1st beams are close to each other. A magnetostrictive film is formed on each 2nd beam and torsional and bending vibrations are caused by an external coil and the mirror part rotates on the 1st and 2nd beams as axes to make a two-dimensional scan with light incident on the reflecting film 36 of the mirror part.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3733383

[Date of registration]

28.10.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-207737  
(P2003-207737A)

(43) 公開日 平成15年7月25日 (2003.7.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/10  
B 8 1 B 3/00

識別記号

1 0 4

F I

G 0 2 B 26/10  
B 8 1 B 3/00

テマコード (参考)

1 0 4 Z 2 H 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-5636(P2002-5636)

(22) 出願日 平成14年1月15日 (2002.1.15)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(71) 出願人 391012327

東京大学長  
東京都文京区本郷7丁目3番1号

(72) 発明者 藤田 博之

東京都目黒区駒場4丁目6番1号 東京大  
学生産技術研究所内

(74) 代理人 100086450

弁理士 菊谷 公男 (外2名)

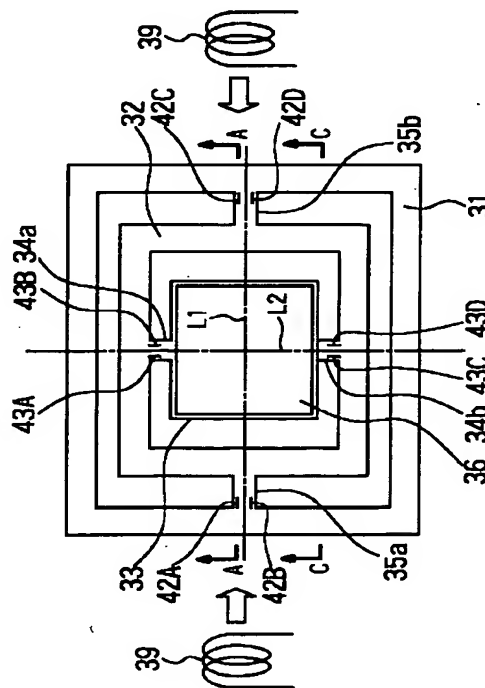
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元光スキャナ

(57) 【要約】

【課題】 共振周波数の設計自由度を高くしかも大きな変位角度を可能としながら、コンパクト、低コストの2次元光スキャナとする。

【解決手段】 反射面を備えたミラー部33が第1の両持ち梁34a、34bを介して内部フレーム32に支持され、内部フレームは第2の両持ち梁35a、35bを介して外側フレーム31に支持される。第1、第2の両持ち梁は互いに直交し、第2の両持ち梁の曲げと第1の両持ち梁の振れの共振周波数を近いものとしてある。第2の両持ち梁には磁歪膜が形成され、外部コイル39により振れと曲げ振動を生じさせることにより、第1および第2の両持ち梁を軸としてミラー部が回転し、ミラー部の反射膜36に入射する光を2次元に走査反射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反射面を備えたミラー部と、ミラー部を囲むとともに、第 1 の両持ち梁を介してミラー部を支持する内部フレームと、内部フレームを囲むとともに、前記第 1 の両持ち梁と交叉する方向に延びる第 2 の両持ち梁を介して内部フレームを支持する外側フレームと、前記第 2 の両持ち梁に応力を発生させるアクチュエータとを有して、該アクチュエータの駆動で前記第 2 の両持ち梁を捩れおよび曲げ振動させることにより、前記第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁を 2 軸として前記ミラー部を回動させて、ミラー部の反射面に入射する光を 2 次元に走査反射することを特徴とする 2 次元光スキャナ。

【請求項 2】 前記第 1 の両持ち梁の捩れ振動と第 2 の両持ち梁の曲げ振動の共振周波数を略同じに設定してあることを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 3】 前記第 2 の両持ち梁は、前記第 1 の両持ち梁の方向に対して直交していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 4】 前記ミラー部が方形で、前記内部フレームおよび外側フレームがそれぞれ 4 角枠形状であり、前記第 1 の両持ち梁は前記ミラー部の対向する 2 辺の中央を通る線上に延び、前記第 2 の両持ち梁は前記内部フレームの対向する 2 辺の中央を通る線上に延びていることを特徴とする請求項 3 記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 5】 前記ミラー部、内部フレーム、外側フレーム、第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁は、半導体基板をエッチングして形成され、前記ミラー部上に金属反射膜を形成して前記反射面としてあることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 6】 前記アクチュエータが、前記第 2 の両持ち梁上に形成された磁歪膜と、該磁歪膜に対応させて設置された電磁コイルとからなることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 7】 前記磁歪膜が前記第 2 の両持ち梁の片側にのみ形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 8】 前記第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁には、それぞれの捩れ変形を検出するための歪検出素子が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の 2 次元光スキャナ。

【請求項 9】 前記ミラー部の厚さが前記第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁の各厚さよりも厚いことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の 2 次元光スキャナ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光センサやレーザ応用機器など走査に用いられる 2 次元光スキャナに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光スキャナは従来、モータや電磁アクチュエータでミラーを駆動してその反射光を走査する構成で、バーコード・リーダ、レーザ・ビーム・プリンタ、ディスプレイ、あるいは自動車用レーザレーダなどに幅広く用いられている。このようなモータや電磁アクチュエータで駆動するような機械的構造では小型化や高速化に限度があったが、近年普及してきたシリコンや水晶を微細加工するマイクロマシーニング技術の適用により、いわゆるマイクロスキャナが多く開発されるようになってきている。

【0003】 このマイクロスキャナでは、マイクロマシーニング技術によりミラーや弾性梁等の機構部品を実現する一方、これを駆動するアクチュエータを内蔵させる必要がある。アクチュエータとして提案されているものは、機能膜の集積による圧電式・磁歪式アクチュエータ方式、狭い電極間ギャップによる静電アクチュエータ方式、マイクロコイルによる電磁アクチュエータ方式など多様である。とくに 2 次元走査のマイクロスキャナでは 1 つのミラーを 2 方向に回転させる必要があるが、とくに大きな角度変位が必要なものについては、各方向に独立の捩れ弾性ビームを設けた構造のものが多く用いられている。

【0004】 図 9、図 10 はその例を示す。このスキャナは 3 層構造になっており、とくに図 9 に示すように、シリコン基板 2 を上側ガラス基板 3 と下側ガラス基板 4 の間に挟んで接合した構成となっている。上側ガラス基板 3 と下側ガラス基板 4 には、それぞれ中央に例えば超音波加工で形成した方形の凹部 3 A、4 A を設けて、これにより、密封構造の中に後述するミラー部 5 B の揺動空間を確保している。

【0005】 シリコン基板 2 には、可動部分として枠状に形成された内部フレーム 5 A と、内部フレーム 5 A の内側に形成された方形のミラー部 5 B が形成されている。ミラー部 5 B は、対向する辺から外方へ延ばした弾性ビーム 6 B により、両側から内部フレーム 5 A に弾性的に支持される。また内部フレーム 5 A は弾性ビーム 6 B とは直交方向に延ばした弾性ビーム 6 A により両側からシリコン基板 2 の周辺部に弾性的に支持される。これにより、ミラー部 5 B は直交する 2 軸方向に回動可能となっている。これらの内部フレーム 5 A、ミラー部 5 B、および弾性ビーム 6 A、6 B は、シリコン基板 2 の異方性エッチングにより一体的に形成されている。

【0006】 内部フレーム 5 A 上には図示省略の絶縁膜を介してコイル 7 A が形成されていて、その両端はシリコン基板 2 の周辺部に設けた電極パッド 9 A に電気的に接続されている。同様に、ミラー部 5 B 上にはその中央部に形成された反射膜 8 を取り囲むようにして、図示省略の絶縁膜を介してコイル 7 B が形成され、その両端がシリコン基板 2 の周辺部に設けた電極パッド 9 B に電気

的に接続されている。

【0007】上側ガラス基板 3 と下側ガラス基板 4 にはそれぞれ、2 個づつ対となった 8 個の円板状の永久磁石 10A～13A、10B～13B が、弾性ビーム 6A、6B の近傍に配置されている。すなわち、永久磁石 10A と 11A の対および永久磁石 10B と 11B の対は、弾性ビーム 6B の軸方向の磁界を発生し、コイル 7A に流れる駆動電流と作用することで、内部フレーム 5A を回転駆動可能である。また、永久磁石 12A と 13A の対および永久磁石 12B と 13B の対は、弾性ビーム 6A の軸方向の磁界を発生し、コイル 7B に流れる駆動電流と作用することで、ミラー部 5B を回転駆動可能である。

【0008】下側ガラス基板 4 の凹部 4A には、コイル 7A、7B とそれぞれ電磁結合するように配置された検出コイル 15A、16A および 15B、16B が形成されている。内部フレーム 5A およびミラー部 5B が回転すると、駆動用のコイル 7A、7B と検出コイルの相互インダクタンスが角度変位に応じて変化するので、検出コイルには角度変位に応じた電気信号が出力される。

【0009】いま、コイル 7A に正弦波状の駆動電流を流すと、永久磁石の対 10A と 11A および永久磁石の対 10B と 11B により生じる磁界と作用して、内部フレーム 5A が回転する。同様に、コイル 7B に正弦波状の駆動電流を流すと、永久磁石の対 12A と 13A および永久磁石の対 12B と 13B により生じる磁界と作用して、ミラー部 5B が回転する。したがって、2 つのコイルに流す電流を制御することにより、ミラー部 5B を任意に 2 次元的に回転させることができる。さらに検出コイル 15A、16A および 15B、16B からの変位

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のスキャナでは、2 重フレーム構成の各軸専用のアクチュエータとして、磁石や外部コイルを 2 組用いている。その結果、構成が複雑でスキャナ全体のサイズが大きくなるとともに、コストも高いものとなる。

【0011】この対策として、ミラー部を片持ち梁で支持し、その梁に磁歪膜を形成して、磁界をかけることにより曲げと振れの両方の応力を発生できるようにしたものも提案されている。これは片持ち梁をその曲げ振動および振れ振動の各共振周波数で振動させて組み合わせることで、2 次元の走査が可能であり、構成は簡単となる。しかしながら、駆動に際して共振周波数で振動させなければならず、共振周波数の設定に制約があって設計自由度が少ないという問題がある。

【0012】また、片持ち梁でミラー部が支持されているため、残留応力によってミラーの反りが大きくならざるを得ない。さらに、大きな変位角度を得ようとして片

持ち梁の厚さを薄くすると壊れやすくなり、製造工程では歩留まりが低下しやすく、また使用中に衝撃を受けた際にも破損しやすいという問題を有している。

【0013】したがって本発明は、上記の問題点に鑑み、2 重フレーム構成を採用して共振周波数の設計自由度を高く確保し、しかも大きな変位角度を可能としながら、構造が簡単でコンパクトに、かつ安価に実現可能な 2 次元光スキャナを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】このため、請求項 1 の本発明は、反射面を備えたミラー部と、ミラー部を囲むとともに、第 1 の両持ち梁を介してミラー部を支持する内部フレームと、内部フレームを囲むとともに、第 1 の両持ち梁と交叉する方向に延びる第 2 の両持ち梁を介して内部フレームを支持する外側フレームと、第 2 の両持ち梁に応力を発生させるアクチュエータとを有して、該アクチュエータの駆動で第 2 の両持ち梁を振れおよび曲げ振動させることにより、第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁を 2 軸としてミラー部を回転させて、ミラー部の反射面に入射する光を 2 次元に走査反射するものとした。

【0015】請求項 2 の発明は、第 1 の両持ち梁の振れ振動と第 2 の両持ち梁の曲げ振動の共振周波数を略同じに設定したものである。請求項 3 の発明は、第 2 の両持ち梁が、第 1 の両持ち梁の方向に対して直交しているものとした。

【0016】請求項 4 の発明は、ミラー部が方形で、内部フレームおよび外側フレームがそれぞれ 4 角枠形状であり、第 1 の両持ち梁はミラー部の対向する 2 辺の中央を通る線上に延び、第 2 の両持ち梁は内部フレームの対向する 2 辺の中央を通る線上に延びているものとした。

【0017】請求項 5 の発明は、ミラー部、内部フレーム、外側フレーム、第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁が半導体基板をエッチングして形成され、ミラー部上に金属反射膜を形成して反射面としてあるものである。

【0018】請求項 6 の発明は、アクチュエータが、第 2 の両持ち梁上に形成された磁歪膜と、該磁歪膜に対応させて設置された電磁コイルとからなるものである。請求項 7 の発明は、磁歪膜が第 2 の両持ち梁の片側にのみ形成されているものとした。

【0019】請求項 8 の発明は、第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁には、それぞれの振れ変形を検出するための歪検出素子が形成されているものとした。また、請求項 9 の発明は、ミラー部の厚さが第 1 の両持ち梁および第 2 の両持ち梁の各厚さよりも厚いものである。

【0020】

【発明の効果】請求項 1 の発明では、ミラー部と外側フレームの間に内部フレームを配し、これらの間を方向が交叉する第 1 の両持ち梁と第 2 の両持ち梁で順次に接続し、アクチュエータで第 2 の両持ち梁を振れおよび曲げ

振動させるものとしたので、ミラー部が振れ振動で第2の両持ち梁まわりに回転するとともに第2の両持ち梁の曲げ振動で第1の両持ち梁まわりに回転して、第2の両持ち梁に対応させたアクチュエータだけで2次元に光を走査でき、装置が小型化され、コストも低減する。また、ミラー部の回転軸として第1の両持ち梁と第2の両持ち梁を備えるので、それぞれ独立した共振周波数の設定ができ、反りや破損の問題も低減することができる。

【0021】請求項2の発明は、第1の両持ち梁の振れ振動と第2の両持ち梁の曲げ振動の共振周波数を略同じに設定したので、アクチュエータで第2の両持ち梁を曲げ振動させたとき、ミラー部はとくに効率よく第1の両持ち梁まわりに回転する。

【0022】請求項3の発明は、第2の両持ち梁が第1の両持ち梁の方向に対して直交しているので、各梁まわりの回転量が他方の梁へ影響を与える成分を含まないので、2次元走査の、演算・制御が簡単となる。

【0023】請求項4の発明では、外側フレームに対する可動部としてのミラー部および内部フレームはそれぞれの辺の中央を通る線上の第1の両持ち梁および第2の両持ち梁で支持されるので、片振れなしに滑らかに回転する。

【0024】請求項5の発明は、ミラー部、内部フレーム、外側フレーム、第1の両持ち梁および第2の両持ち梁が半導体基板をエッチングして形成され、ミラー部の反射面も金属反射膜の形成によるので、2次元光スキャナがとくに小型・コンパクトに実現される。この際、半導体のパッチプロセスが利用できるので、大量生産により低価格化が可能となる。

【0025】請求項6の発明では、第2の両持ち梁上に形成された磁歪膜と、該磁歪膜に対応させて設置された電磁コイルとからアクチュエータを構成したので、基板内に複雑な構造や機構を作りこむ必要がなく、外部から電磁コイルで磁界を印加するという簡単な構成でミラー部を回転駆動できる。請求項7の発明は、一对の第2の両持ち梁のうち、片側のみ磁歪膜が形成されているものとしたので、アクチュエータの構成がさらに簡略化され、小型・コンパクト化が一層促進される。

【0026】請求項8の発明は、第1の両持ち梁および第2の両持ち梁に歪検出素子が形成されているものとしたので、その出力によりミラー部の2次元的回動角度を検出でき、高精度の角度制御やフィードバックによる振動制御等が実現できる。

【0027】請求項9の発明は、ミラー部の厚さを第1の両持ち梁および第2の両持ち梁の各厚さよりも厚いものとしたので、走査角を大きくしたときでもミラー部の変形が抑えられ、ミラー部変形に起因する反射光ビームの歪みやズレが小さく、したがって精度の高い反射光ビーム走査が可能となる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例により説明する。図1は実施例を示す平面図、図2は図1におけるA-A部断面図である。本実施例は、シリコンまたはガラスからなる台座基板38上にシリコン基板から形成したスキャナ基板30を載置して接合固定されている。スキャナ基板30には、固定側としての外側フレーム31の内側に、可動部分として枠状に形成された内部フレーム32と、さらに内部フレーム32の内側に形成された方形のミラー部33が形成されている。

【0029】ミラー部33は、対向する辺から外方へ延びる第1の弾性ビーム34(34a、34b)により、両側から内部フレーム32に弾性的に支持されている。また、内部フレーム32は弾性ビーム34と直交方向に、両側から第2の弾性ビーム35(35a、35b)により外側フレーム31に弾性的に支持されている。これらの内部フレーム32、ミラー部33、および弾性ビーム34、35は、シリコン基板の異方性エッチングにより一体的に形成されている。ミラー部33の上には、金やAl(アルミニウム)等の金属薄膜による反射膜36が形成されており、入射光ビームの反射率を上げるようになっている。

【0030】弾性ビーム34および35は、外側フレーム31の厚さに比べて薄くなっており、曲げ変形ならびに振れ変形が容易にできるようになっている。ここで、弾性ビーム34の振れ振動の共振周波数 $f_{1t}$ は、弾性ビーム35の逆相の曲げ共振モードの共振周波数 $f_{2b}$ に近く、2つの共振モードがカップリングするよう弾性ビーム34と35、内部フレーム32、およびミラー部33の厚さなど各寸法が設定されている。

【0031】弾性ビーム35(35a、35b)の各裏面にはそれぞれ磁歪膜37が形成され、弾性ビーム35の長さ方向の磁界印加に対して曲げと振れの応力を発生するような方向に磁化されている。そして、弾性ビーム35a、35bのそれぞれに対応させて、外部コイル39が設けられて、磁歪膜37と外部コイル39とでアクチュエータが構成されている。

【0032】外部コイル39に弾性ビーム35の振れ振動の共振周波数 $f_{2t}$ の駆動電流を流すと、内部フレーム32は弾性ビーム35の軸回りに振れ共振し、これにより同時に、ミラー部33も弾性ビーム35を軸として回転する。一方、外部コイル39、39に弾性ビーム35a、35bを逆相とする曲げ共振モードの共振周波数 $f_{2b}$ の駆動電流を流すと、図1におけるC-C部断面図である図3に示すように、左側の弾性ビーム35aの表面が伸び、右側の弾性ビーム35bの表面が縮んで、内部フレーム32がシーソーのように振動する。この結果、弾性ビーム34の軸回りに振れ共振モードが励振されて、ミラー部33は弾性ビーム34を軸として回転することとなる。

【0033】したがって、共振周波数 $f_{2t}$ の成分と共

振周波数  $f$  2b の成分を重畳した駆動電流を外部コイル 39、39 に流すことにより、弾性ビーム 35 の軸回りと弾性ビーム 34 の軸回りの振れ振動が任意の割合で励起できる。これにより、ミラー部 33 に照射された光ビームを 2 次元的にスキャンすることが可能となる。

【0034】さらに、先の図 1 に示すように、弾性ビーム 35 上の、当該弾性ビーム 35 がシリコン基板 31 の外側フレームにつながる接続部近傍における幅方向両端部には、ピエゾ抵抗が形成されている。すなわち、弾性ビーム 35 a にはピエゾ抵抗 42 A、42 B が形成され、弾性ビーム 35 b にはピエゾ抵抗 42 C、42 D が形成されている。ピエゾ抵抗 42 A と 42 C は、弾性ビーム 35 a、35 b の中心線 L1 に対して同じ側に配置され、ピエゾ抵抗 42 B と 42 D とが同じ中心線 L1 に対して同じ側に配置されている。

【0035】また、弾性ビーム 34 上の、当該弾性ビーム 34 が内部フレーム 32 につながる接続部近傍における幅方向両端部にも、ピエゾ抵抗が形成されている。すなわち、弾性ビーム 34 a にはピエゾ抵抗 43 A、43 B が形成され、弾性ビーム 34 b にはピエゾ抵抗 43 C、43 D が形成されている。ピエゾ抵抗 43 A と 43 C は、弾性ビーム 34 a、34 b の中心線 L2 に対して同じ側に配置され、ピエゾ抵抗 43 B と 43 D とが同じ中心線 L2 に対して同じ側に配置されている。

【0036】ピエゾ抵抗 42 A ~ 42 D は、図示省略の A1 配線による接続により、図 4 の (a) に示すようなブリッジ回路 A を構成している。すなわち、ピエゾ抵抗 42 A、42 D の各一端は電圧源 Vcc に接続され、ピエゾ抵抗 42 B、42 C の各一端は接地端子 GND に接続される。そして、ピエゾ抵抗 42 A、42 B の各他端は端子 A1 に、ピエゾ抵抗 42 C、42 D の各他端は端子 A2 に接続される。

【0037】同様に、ピエゾ抵抗 43 A ~ 43 D は、図 4 の (b) に示すようなブリッジ回路 B を構成している。ピエゾ抵抗 43 A、43 D の各一端は電圧源 Vcc に接続され、ピエゾ抵抗 43 B、43 C の各一端は接地端子 GND に接続される。そして、ピエゾ抵抗 43 A、43 B の各他端は端子 B1 に、ピエゾ抵抗 43 C、43 D の各他端は端子 B2 に接続される。

【0038】ここで内部フレーム 32 が弾性ビーム 35 の振れ変形により回転する場合、弾性ビーム 35 の幅方向の両端での表面応力の極性が逆になるので、ピエゾ抵抗 42 A、42 C と、ピエゾ抵抗 42 B、42 D との抵抗値の変化が逆方向となる。この結果、ブリッジ回路 A の端子 A1 と A2 の出力は逆方向にオフセットするので、これにより、振れ振動を検出することができる。一方、内部フレーム 32 が弾性ビーム 35 の曲げ変形により回転する場合、弾性ビーム 35 の幅方向では表面応力が一定になるので、ピエゾ抵抗 42 A と 42 B の抵抗値の変化は同方向、またピエゾ抵抗 42 C と 42 D の抵抗

値の変化も同方向となる。この結果、ブリッジ回路 A の端子 A1 と A2 の出力は同一方向にオフセットするので互いにキャンセルされる。

【0039】同様に、ミラー部 33 が弾性ビーム 34 の振れ変形により回転する場合、弾性ビーム 34 の幅方向の両端での表面応力の極性が逆になるので、ピエゾ抵抗 43 A、43 C と、ピエゾ抵抗 43 B、43 D との抵抗値の変化が逆方向となる。この結果、ブリッジ回路 B の端子 B1 と B2 の出力は逆方向にオフセットするので、これにより、振れ振動を検出することができる。一方、ミラー部 33 が弾性ビーム 34 の曲げ変形により回転する場合、弾性ビーム 34 の幅方向では表面応力が一定になるので、ピエゾ抵抗 43 A と 43 B の抵抗値の変化は同方向、またピエゾ抵抗 43 C と 43 D の抵抗値の変化も同方向となる。この結果、ブリッジ回路 B の端子 B1 と B2 の出力は同一方向にオフセットするので互いにキャンセルされる。

【0040】したがって、ブリッジ回路 A と B は、いずれも振れ振動だけを検出し、ミラー部 33 の 2 つの回転軸周りの変位角度に比例した電圧を検出信号としてそれぞれ出力する。この検出信号は、外部コイル 39 を駆動する制御回路へフィードバックされるとともに、各種制御、信号処理に利用される。

【0041】図 5 は、上記構成のスキャナ基板の製造プロセスを示す説明図である。ここでは、シリコンウエハを処理して多数のスキャナ基板を一括して製造するが、図には、1 個のスキャナ基板分のみ示す。まず (a) に示すように、図示しない熱酸化膜を形成した n 型のシリコン基板 S の上面に、通常 LSI プロセスで用いられる蒸着やスパッタにより A1 (アルミニウム) 膜を形成して、回路接続のための配線形成と同時に、ミラー部 33 相当部分に反射膜 36 を形成する。なお、反射膜 36 としては別工程により一層反射率の高い金などの金属膜を形成することもできる。

【0042】とくに図示しないが、シリコン基板 S の表面には、さらに弾性ビーム 34、35 相当領域に不純物等を注入してピエゾ抵抗を形成する。また、シリコン基板 S の裏面には、基板周辺部の外部フレーム 31 相当部分に耐エッチングのマスク材 41 を形成し、さらに当該マスク材 41 上に加えて、内部フレーム 32 に対応する部分にマスク材 40 を形成する。

【0043】次にシリコン基板 30 の裏面から第 1 のドライエッチングを行って、(b) のように、内部フレーム 32 など厚肉とする部位以外の領域を所定の厚さまで薄くし、マスク材 40 を選択的に除去する。

【0044】このあと、さらに裏面から第 2 のドライエッチングを行うことにより、(c) のように、マスク材 41 でカバーされた部位以外の領域をさらに薄くして、弾性ビーム 34、35 相当領域が所定の厚さになるようにしたあと、マスク材 41 を選択的に除去する。なお、

この際、SOI 基板を用いて埋め込み酸化膜を形成しておき、これでエッチングストップさせることにより、弾性ビームの厚さを一層精度よく実現することができる。

【0045】つぎに、シリコン基板 30 の表面側に不図示の耐エッチング膜を形成し、これをパターンニングして、上記第 2 のドライエッチングで薄くした領域をさらに第 3 のエッチングで選択的にエッチングする。これにより、(d) に示すように、外側フレーム 31 の内側に周囲の空隙で区画された弾性ビーム 35 (および 34) とミラー部 33 が形成される。その後、上記耐エッチング膜を除去し、弾性ビーム 35 の裏面に磁歪膜 37 を形成してスキャナ基板 30 が完成する。シリコンウエハ上に形成されたスキャナ基板 30 は、このあとダイシングにより個々のチップに分割され、先の図 2 に示すように、台座基板 38 に接合して実装され、光スキャナが完成する。

【0046】本実施例は以上のように構成され、外側フレーム 31 と内部フレーム 32 を結ぶ弾性ビーム 35 a、35 b に磁歪膜 37 を形成するとともに、当該弾性ビーム 35 に対応させて外部コイル 39 を設け、弾性ビーム 35 の振れ振動の共振周波数  $f_{2t}$  と曲げ共振モードの共振周波数  $f_{2b}$  の成分を重畳した駆動電流を外部コイル 39 に流すことにより、弾性ビーム 34 に対応させた別途の外部コイルなどアクチュエータなしに、弾性ビーム 34 の軸回りの振れ振動まで励起させて 2 次元スキャンが可能となっている。すなわち、弾性ビーム 35 a、35 b に対応させた 1 組のアクチュエータだけで 2 次元走査を実現するので、コンパクトでかつ低コストとなる。そして、独立した 2 軸回りで振れ振動を利用しているから、各軸の共振周波数や駆動振幅の設計自由度が高く得られるとともに、大きな変位角度が可能となる。

【0047】また、LSI プロセスをもとにシリコン基板 S を用いて製作されるので、小型・コンパクト化が可能となり、またシリコンウエハからのバッチ処理による大量生産により低価格化が実現できる。

【0048】なお、上記実施例では、ミラー部 33 の厚さを弾性ビーム 34、35 の厚さと同じく薄いものとしたが、変形例として、図 6 に示すように、内部フレーム 32 と同じ厚さのミラー部 33' とすることもできる。このようにミラー部 33' の厚さを大きくすることにより、弾性ビーム 34、35 が曲げ変形や振れ変形した際、ミラー部も同様に変形してしまうことが防止される。これにより、走査ビームの歪みやズレを低減でき、光ビームの走査の精度が向上する。

【0049】つぎに、図 7 は第 2 の変形例を示す平面図、図 8 は図 7 における B-B 部断面図である。図 1 の実施例では弾性ビーム 35 a、35 b に対応させた 1 対のアクチュエータを設けたのに対して、この変形例はアクチュエータを 1 つのみとしたものである。すなわち、

両持ち梁を構成する弾性ビーム 35 a、35 b のうち、片側の弾性ビーム 35 a だけに磁歪膜 37 が形成され、対向する他方の弾性ビーム 35 b には磁歪膜が形成されていない。そして、弾性ビーム 35 a だけに対応させて外部コイル 39 を設けてある。他の構成は第 1 の実施例と同一である。

【0050】これによれば、弾性ビーム 35 の逆相の曲げ共振モードにおける励振効率は若干低下するが、アクチュエータが 1 つのみで、とくに外部コイル 39 が少なくなるので、第 1 の実施例に比較して一層の小型・コンパクト化が可能となる。

【0051】なお、上記の実施例および各変形例ではスキャナ基板をシリコン基板からのマイクロマシーニングで形成したものとしたが、本発明はこれに限定されず、例えば金属板等他の材料を用いて実現することもできる。また、弾性ビームに形成した磁歪膜 37 と、これに磁界を及ぼす外部コイル 39 とでアクチュエータを構成したが、弾性ビーム 35 に曲げ変形と振れ変形の双方を発生させることができるものであれば、適宜の方式のアクチュエータを採用することができ、例えば PZT や ZnO 薄膜を弾性ビーム上に形成した圧電膜方式でもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例を示す平面図である。

【図 2】図 1 における A-A 部断面図である。

【図 3】曲げ共振モードで駆動時の動作状態を示す図である。

【図 4】ピエゾ抵抗によるブリッジ回路を示す図である。

【図 5】スキャナ基板の製造プロセスを示す図である。

【図 6】第 1 の変形例を示す断面図である。

【図 7】第 2 の変形例を示す平面図である。

【図 8】図 7 における B-B 部断面図である。

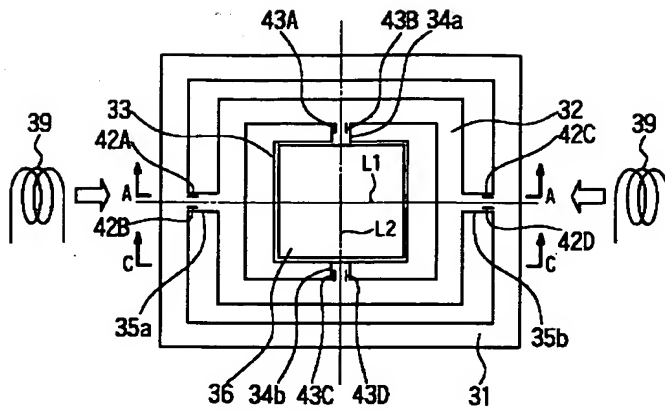
【図 9】従来例を示す分解斜視図である。

【図 10】従来例を示す平面図である。

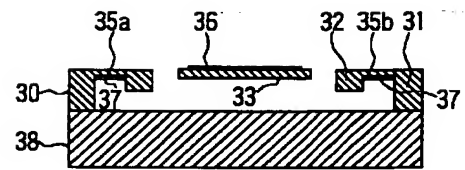
#### 【符号の説明】

|                     |            |
|---------------------|------------|
| 30                  | スキャナ基板     |
| 31                  | 外側フレーム     |
| 32                  | 内部フレーム     |
| 33、33'              | ミラー部       |
| 34、34 a、34 b        | 第 1 の弾性ビーム |
| 35、35 a、35 b        | 第 2 の弾性ビーム |
| 36                  | 反射膜        |
| 37                  | 磁歪膜        |
| 38                  | 台座基板       |
| 39                  | 外部コイル      |
| 40、41               | マスク材       |
| 42 A、42 B、42 C、42 D | ピエゾ抵抗      |
| 43 A、43 B、43 C、43 D | ピエゾ抵抗      |
| S                   | シリコン基板     |

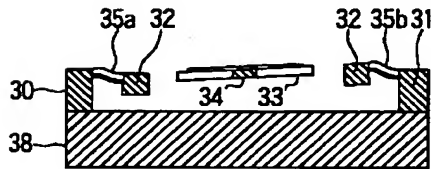
【図 1】



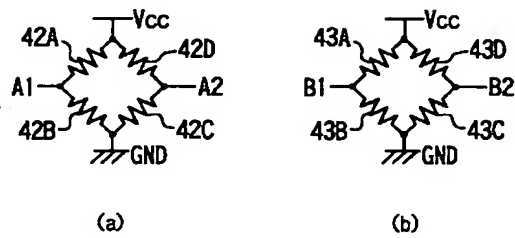
【図 2】



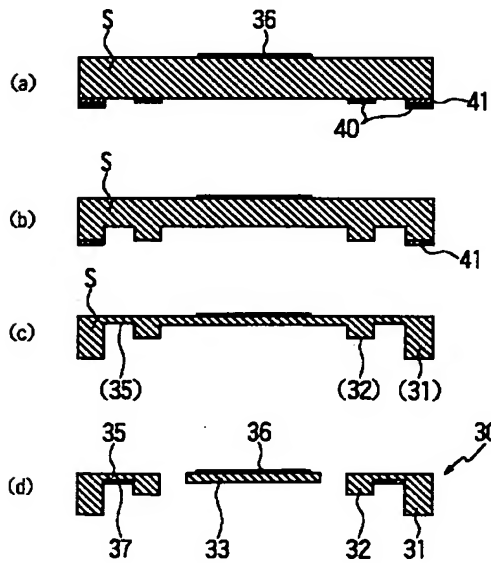
【図 3】



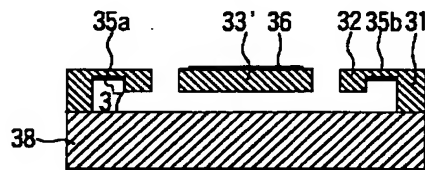
【図 4】



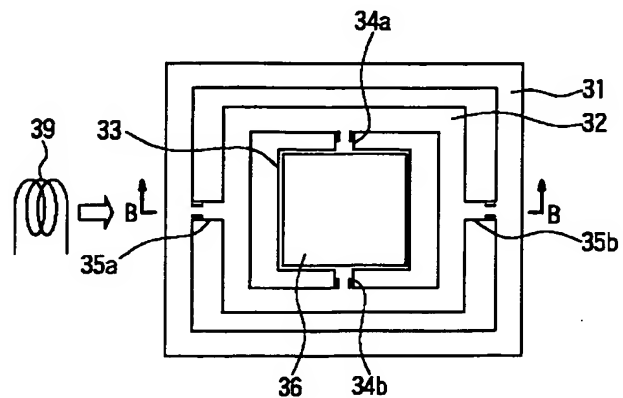
【図 5】



【図 6】

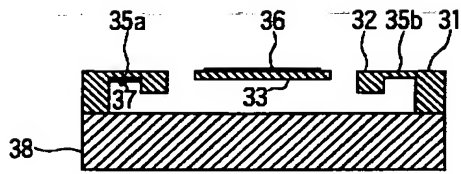


【図 7】

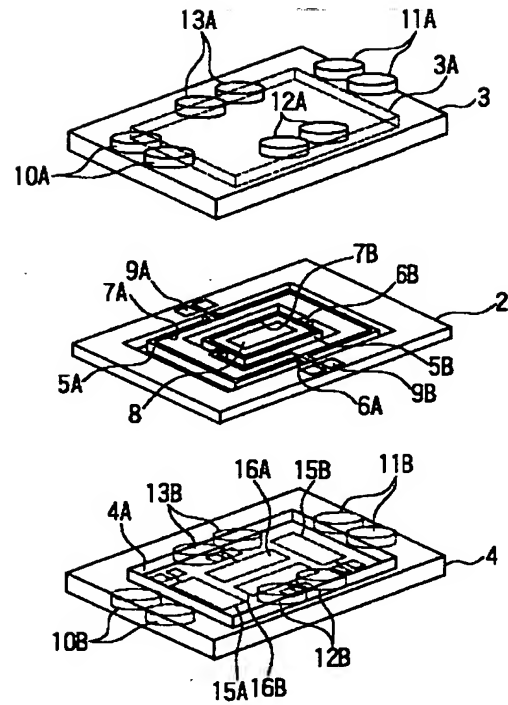




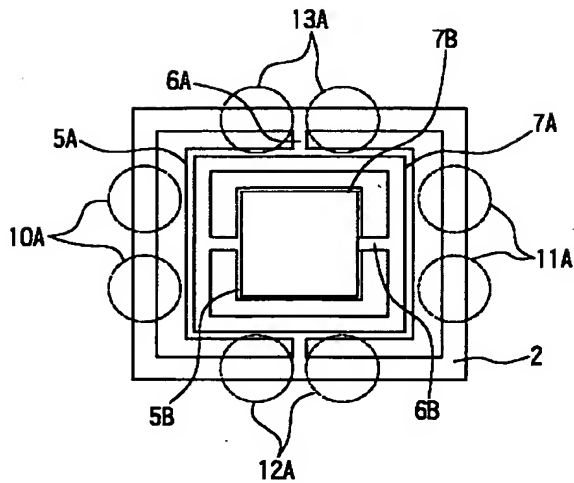
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72) 発明者 ジルベール レイヌ  
東京都目黒区駒場 4 丁目 6 番 1 号 東京大  
学生産技術研究所内

(72) 発明者 アレクシス ドゥブレイ  
東京都目黒区駒場 4 丁目 6 番 1 号 東京大  
学生産技術研究所内

(72)発明者 タリック ブルイナ  
フランス国オルセー市91405 パリ南大学  
／基礎電子工学研究所内  
(72)発明者 室 英夫  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72)発明者 浅岡 昭  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内  
(72)発明者 沖 孝彦  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内  
Fターム(参考) 2H045 AB10 AB13 AB16 AB38 AB73  
AB81 BA18

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**